

Desenvolvimento de um Sistema de Automação Residencial com a Aplicação de Android e Arduino

Celice A. M. Argenta¹, Hentony P. P. Francisco¹, Wagner K. N. Junior¹, Gustavo da S. Maciel¹, Simone S. F. Souza², Fábio R. Chavarette³, Fernando P. A. Lima¹

¹Instituto Federal do Mato Grosso (IFMT), Campus Avançado Tangará da Serra, Rua José de Oliveira (28), 980N, Vila Horizonte, 78300-000, Tangará da Serra, MT

²Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Campus Tangará da Serra, Rodovia MT – 358 (Avenida Inácio Bittencourt Cardoso), Km 07 (s/n), Jardim Aeroporto, 78300-000, Tangará da Serra, MT

³Universidade Estadual Paulista” (UNESP), Campus Ilha Solteira, Avenida Brasil, 56, Centro, 15385-000, Ilha Solteira, MT

1{celice.alessandra@gmail.com, hentonypinheiro@gmail.com, w31j.nakamura@gmail.com, gmaciell1416@gmail.com, fernando.lima@tga.ifmt.edu.br}, 2{simonefrutuoso.mat@gmail.com}, 3{fabio.chavarette@unesp.br}

Resumo. Neste trabalho apresenta-se o processo de desenvolvimento, construção e testes de um protótipo para automação residencial usando Android e Arduino. Para a implementação do protótipo, foi construída uma maquete de simulação de uma residência, onde foi desenvolvido o sistema de automação usando componentes eletrônicos e Arduino. Já o sistema de controle da automação foi feito usando uma conexão bluetooth e um aplicativo móvel Android, que foi desenvolvido na plataforma App Inventor 2, disponibilizada online pelo MIT (Massachusetts Institute of Technology). Na montagem do protótipo modelo, foram utilizados materiais de baixo custo e foi criado um aplicativo bem simples e de fácil utilização. As funcionalidades implementadas foram: ligar e desligar luzes, abertura e fechamento do portão, medição de temperatura e umidade relativa do ambiente. Estas funcionalidades são genéricas, e representam como pode ser feita a automação de qualquer acionamento elétrico dentro da residência. A principal contribuição com a proposta deste projeto é o desenvolvimento de um ambiente controlado de análise e simulação em pequena escala de um sistema de automação residencial. Por fim, pode-se ressaltar que o sistema desenvolvido é eficiente, possui controle preciso e baixo custo de implementação e operacional, tornando possível a aplicação em sistemas reais.

1. Introdução

Na última década, o mercado imobiliário tem passado por um momento de desaceleração econômica, devido à crise em que o país se encontra. Entretanto, os clientes continuam cada vez mais exigentes quando o assunto é conforto, comodidade e segurança nas residências. Nesse sentido, observa-se uma vertente comercial que se

destaca em meio à crise e vem sendo muito utilizada nos projetos habitacionais atualmente, que é a automação residencial.

A automação, do latim “Automatus” significa “mover-se por si”, ou seja, é um sistema automático que permite controlar um processo, obter informações, realizar medições, fazer correções, sem a necessidade da interferência do homem [Muratori, Bo 2011]. Segundo Ferreira (2010), automação residencial pode ser definida como:

“o uso da tecnologia para facilitar e tornar automáticas algumas tarefas habituais que em uma casa convencional ficaria a cargo de seus moradores. Assim são empregados sensores de presença, temporizadores ou até um simples toque em um botão no celular ou controle remoto, e, é possível acionar cenas ou tarefas pré-programadas, trazendo maior praticidade, segurança, economia e conforto para o morador.”

O mercado de automação residencial no mundo atravessa um momento de agitação, caracterizado pelo crescimento físico e maior divulgação do tema. Segundo a Associação Brasileira de Automação Residencial (AURESIDE), para 2019 a projeção de crescimento em relação a 2018 será de 30%, e o faturamento é estimado com valor superior a R\$ 3,7 bilhões [Araújo et al. 2018]. Também pode-se definir automação residencial como “domótica”, que se refere a automação robótica de uma residência.

A domótica é muito estereotipada como futurística, embora seja realidade em algumas residências. O custo para a implantação é bem alto para os padrões de mercado, por isso deve-se fazer um bom planejamento desde a fase do projeto até a construção da residência, pois o cabeamento estruturado é de suma importância. Contudo, pode-se afirmar que a domótica, eventualmente se tornará comum e mais presente em nossa sociedade, juntamente trazendo consigo, incontestáveis alterações e inovações no meio tecnológico, arquitetônico, nos projetos e construções habitacionais, proporcionando assim inúmeras melhorias e benefícios na comodidade, segurança, confiabilidade, conveniência, acessibilidade, eficiência energética e satisfação ao indivíduo. (Cabral, Campos 2008).

Nesse sentido, o objetivo geral do presente projeto é apresentar como solução para o problema exposto anteriormente, um sistema de automação residencial de baixo custo, controlado por um aplicativo Android e a automação física através de um microcontrolador Arduino UNO R3, com comunicação por bluetooth. No sistema de automação proposto tem-se como objetivos controlar o acionamento de luzes, abertura e fechamento de portão, medição de temperatura ambiente e umidade relativa do ar, e o controle local e a distância usando bluetooth. Este sistema de automação residencial contribui com as pesquisas e desenvolvimento de novos produtos, apresentando um ambiente controlado de análise e simulação em pequena escala, que estimula o barateamento das novas soluções e a capacitação de novos profissionais para o mercado.

2. Referencial Teórico

2.1. Android (App Inventor 2)

O App Inventor 2 é um ambiente de programação visual on-line que permite o desenvolvimento e gerenciamento de softwares aplicativos para dispositivos que são operados pelo sistema Android. Este apresenta a vantagem de não necessitar de um alto

conhecimento em programação, pois é bastante didático e de simples programação [Cruz, Lisboa 2014].

Segundo Souza (2018), o aplicativo utiliza programação em blocos, e essa é a principal característica que possibilita ao desenvolvedor uma programação mais fácil. O aplicativo além de ser usado por seu fácil manuseio é muito utilizado no meio educacional, como ferramenta de auxílio no processo de ensino e aprendizagem de programação, tendo como objetivo familiarizar os alunos iniciantes com o ambiente de programação [Souza 2018].

O sistema é composto por duas sessões: App Inventor Designer e App Inventor Blocks Editor. A janela App Inventor Designer é a tela inicial do projeto, no qual se cria a interface do aplicativo que está sendo desenvolvido, selecionando os componentes e ajustando suas propriedades. A janela App Inventor Blocks Editor é em que o usuário associa ações para cada componente do aplicativo em desenvolvimento, é onde atua a programação [Silva Filho 2018].

2.2. Arduino

O Arduino é uma plataforma de criação de protótipos e tecnologias simples em Open-Source (código aberto), que traz a possibilidade de pessoas sem capacitação em eletrônica ou programação, criar projetos de maneira simples, com pouca complexibilidade e com um baixo orçamento financeiro [Banzi 2005], [Monk 2017].

Tal tecnologia fora desenvolvida no Interaction Design Institute na cidade de Ivrea, na Itália, arquitetado por um grupo de pesquisadores composto por David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino, David Mellis e o criador do projeto Massimo Banzi, no ano de 2005. O objetivo dos pesquisadores era originar um dispositivo com capacidade de fácil programação que também apresentasse um custo acessível, para que pudesse ser utilizado por projetistas amadores, tecnólogos iniciantes e estudantes de Design Tecnológico. Com o objetivo de diversos públicos poder utilizar o Arduino, foi-se adotado o conceito de “hardware livre”, com intuito de qualquer pessoa o programar, o modelar e personaliza-lo da maneira que desejar [Banzi 2005].

O Arduino pode ser descrito sucintamente como uma plataforma computacional com estrutura de placa única, constituída por um microcontrolador central, cuja estrutura é formada por um microprocessador atmel AVR e conjuntos de entrada e saída embutidos, funcionando a partir de softwares que podem ser programados para efetuar e realizar operações desejadas [Mcroberts 2010].

Para programar o Arduino, a fim de que este funcione e desempenhe as funções desejadas, é utilizado o IDE do Arduino, um software livre, no qual apresenta uma linguagem de programação com origem baseada em linguagem C/C++ [Schildt 1997]. O IDE possibilita a escrita de um código computacional, que servirá como instruções passo a passo do funcionamento do hardware Arduino. Seguidamente, é feito upload para o Arduino, no qual executará essas instruções, interagindo com o que estiver conectado a ele [Mcroberts 2010].

Comumente, o Arduino está presente em protótipos, engenhos, robótica, designer tecnológico, cursos e trabalhos de automação, utilizado por uma diversidade de pessoas que desejem manuseá-lo. Citando a variedade de áreas que essa tecnologia pode

ser aplicada é evidente que o Arduino dispõe, de forma prática e facilitada, um acervo de inúmeros possíveis projetos e usos.

2.3. Revisão Bibliográfica

Há muitas maneiras de desenvolver um projeto de automação residencial, bem como, inúmeros materiais que podem ser utilizados, assim como seu custo de produção. O preço da automação custava cerca de 5% do valor do imóvel, agora representa apenas 3%. Porém, mesmo com essas quedas de preços, o custo para automatizar uma casa ainda é alto quando se trata de uma automação simples para uma residência de classe média, visto que essa classe ainda não vê com bons olhos a automação residencial devido ao seu alto investimento. Contudo, soluções de baixo custo são alternativas para este tipo de automação de pequenas e médias residências, buscando assim uma maior aceitação da automação residencial nesta classe social [Saber Eletrônica 2015].

Tófoli (2014) utiliza em seu protótipo um mini cooler para ventilação, um sensor de presença, servo motor para fazer o levantamento do portão, LED para representar uma lâmpada, assim como um Arduino UNO para realizar as conexões e o Ethernet Shield que permite a conexão com a internet, com um custo total de R\$15.834,50. Vale ressaltar que neste protótipo foi utilizada uma residência real para implementar o sistema de automação.

Já Campos (2014) utiliza um Arduino MEGA para realizar as conexões e o Ethernet Shield que permite a conexão com a internet, sensor de temperatura DHT11 e o sensor LDR que depende da luz ou fotoresistência, LED como representação de uma lâmpada totalizando o valor de R\$327,00. Nesse projeto os autores construíram uma maquete para testar o sistema de automação.

Alvarez e Antunes (2015) fizeram o uso de um Arduino UNO, Ethernet Shield que permite a conexão com a internet, Rele Shield que permite o acionamento de dispositivos em outras tensões de operação, LEDs para representar lâmpadas, sensores de temperatura, fumaça e presença e um roteador, porém sem um orçamento de custos.

No trabalho de Gomes, Silva e Gelacki (2016) foi utilizado um Arduino Ethernet Shields que permite a conexão com a internet, Arduino MEGA para realizar as conexões, LEDs para representar lâmpadas, servo motor para acionamento do portão, cabos e o restante de materiais. Ao final do projeto os autores obtiveram uma maquete com um custo final de R\$2.202,00.

Em Coutinho (2016), foi proposto um sistema de monitoramento residencial visando a segurança durante uma invasão e para o desenvolvimento do projeto, foram utilizados um Raspberry PI, uma Raspicam e um sensor de presença PIR. O custo do projeto foi de R\$ 2.800,00 e foi implementado em uma residência real. Um sistema microcontrolado para aquisição de dados e automação de ambientes residenciais foi proposto em [Silva Filho 2018]. Este sistema utiliza uma Raspberry PI e um aplicativo Android.

Em [Silva, Jucá 2018] foi proposto um sistema de Monitoramento online do consumo de energia elétrica utilizando Raspberry PI, que permite monitorar o consumo de um determinado aparelho elétrico, a fim de fornecer informações para proporcionar economia de energia.

Todos os trabalhos citados anteriormente apresentam resultados positivos, levando-se a crer que o desenvolvimento e a construção de uma maquete automatizada com uso da tecnologia Arduino e Android era a melhor forma de analisar e testar tais tecnologias aplicadas à automação residencial.

3. Desenvolvimento

3.1. Materiais Utilizados

Para realizar a construção da maquete e do sistema de automação residencial, foi necessária uma busca pelas melhores opções a serem utilizadas. Foram utilizados no projeto os materiais apresentados na Tabela 1.

3.2. Descrição da Montagem e Programação da Maquete (Parte Física)

Durante o processo de montagem da maquete, inicialmente foi feita a confecção das peças em acrílico e, posteriormente, a montagem da estrutura básica. Na sequência foi feita a soldagem dos circuitos eletrônicos, fixação dos LEDs, sensores e Arduino. As figuras 1 e 2 ilustram o processo de montagem até a concepção final do protótipo.



Figura 1. Montagem da estrutura em acrílico.

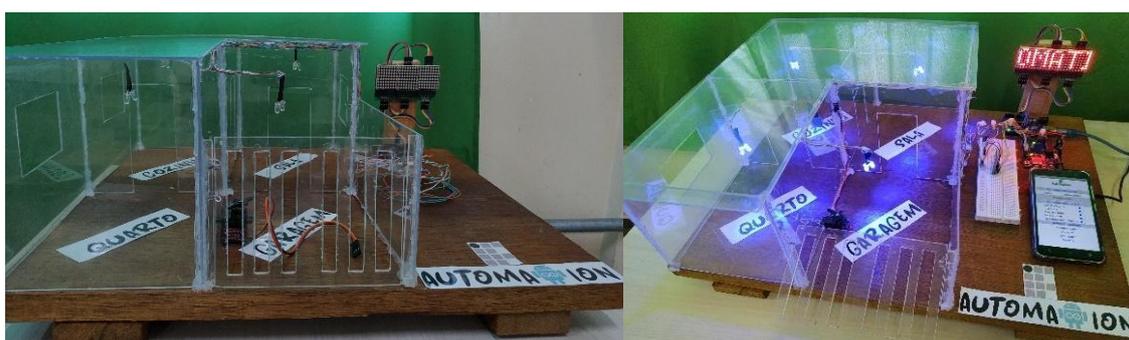


Figura 2. Montagem dos circuitos eletrônicos e Arduino.

O circuito elétrico/eletrônico do sistema de automação inicialmente foi construído em uma placa protoboard, visando testar o funcionamento. E posteriormente, foi adicionada a maquete juntamente com a soldagem dos componentes eletrônicos e sensores. Dessa forma, o esquema elétrico implementado pode ser exemplificado na Figura 3, no qual, os LEDs representam as lâmpadas da residência, o servomotor, o acionamento do portão da garagem, e o sensor DHT11 faz a leitura de temperatura e

umidade relativa do ambiente. E o módulo bluetooth HC-05 é responsável pela conexão entre o Arduino e o aplicativo móvel Android.

Tabela 1 - Lista de materiais utilizados

Item	Descrição Técnica	Preço	Foto
1	Arduino UNO R3. Responsável por realizar o microprocessamento e controle de todos os dados.	R\$ 32,00	
2	Tábua de madeira (50x40cm). Base da residência que servirá de apoio para os demais objetos.	R\$ 7,50	
3	Chapas de Acrílico. Utilizado para moldar as peças para construção da residência.	R\$ 248,00	
4	LEDs. Responsáveis por iluminar o ambiente do projeto, assim como a casa.	R\$ 3,00	
5	Sensor DHT11. Sensor de temperatura e umidade relativa do ar. Escala de medição de 0° a 50° Celsius (precisão $\pm 2^{\circ}\text{C}$) e a umidade entre 20% a 90% (precisão $\pm 5\%$).	R\$ 12,00	
6	Resistores. Usado para controlar a energia elétrica que passa entre os componentes eletrônicos.	R\$ 2,00	
7	Servo motor MG90S. Motor utilizado para o acionamento do portão da garagem.	R\$ 18,00	
8	Matriz de LED. Utilizada para apresentar informações relativas ao projeto.	R\$ 25,00	
9	Jumpers. Utilizados para fazer a conexão elétrica entre os componentes eletrônicos do circuito.	R\$ 15,00	
10	Módulo Bluetooth. Realiza a comunicação entre o aplicativo e o Arduino.	R\$ 32,00	
Preço Total		R\$ 395,50	

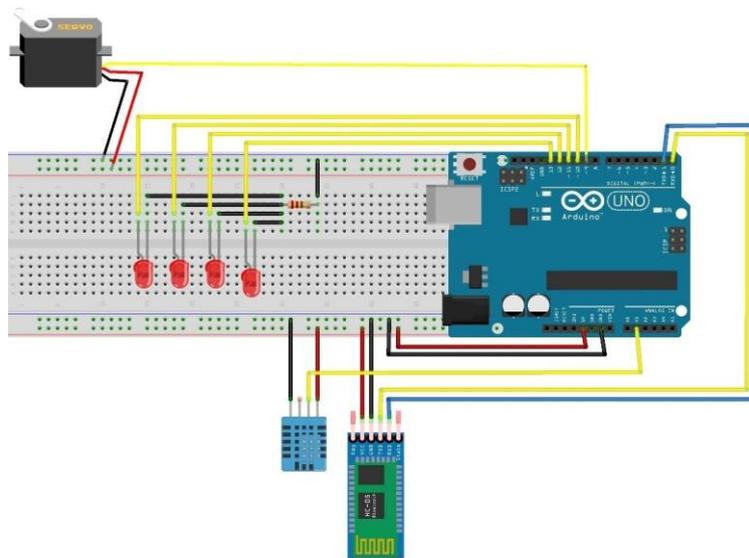


Figura 3. Circuito elétrico da maquete automatizada.

A programação de controle físico foi realizada no Arduino, a qual é habilitada e direcionada a realizar as ações de leitura e comunicação com o aplicativo, e controle dos componentes eletrônicos (LEDs, motor, sensores). Desta maneira, a codificação realizada para o controle e a automatização da residência modelo é apresentada no código a seguir:

```
#include <Servo.h>
#include "DHT.h"
#define DHTPIN A1 //Pino que estamos
conectados
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
int btnGaragem = 13;
int btnQuarto = 12;
int btnSala = 11;
int btnCozinha = 10;
Servo servo1; //Servomotor
int ini=0;
int final=0;
int i=0;
void setup() {
  pinMode (btnGaragem, OUTPUT);
  pinMode (btnQuarto, OUTPUT);
  pinMode (btnSala, OUTPUT);
  pinMode (btnCozinha, OUTPUT);
  servo1.attach(9);
  servo1.write(80);
  Serial.begin(9600);
  dht.begin();
  ini=80;
  final=210;
}
void loop() {
  // Enviando Dados Via Bluetooth
```

```
//Leitura dos Dados Climáticos
float h = dht.readHumidity();
float t = dht.readTemperature();
//Testa se retorno é válido.
if (isnan(t) || isnan(h)) {
  Serial.println("O processo falhou");
}
// Enviando Dados
Serial.print("");
Serial.print(t);
Serial.print("");
Serial.print(h);
delay(300);
// Checando valores recebidos via bluetooth
// Variável para receber caracteres
char z;
z = Serial.read();
// Acionamento Luz Garagem
if(z == 'G') { //Acendendo Luz Garagem
  digitalWrite(btnGaragem, HIGH);
}
if(z == 'g') { //Apagando Luz Garagem
  digitalWrite(btnGaragem, LOW);
}
// Acionamento Luz Sala
if(z == 'S') { //Acendendo Luz Sala
  digitalWrite(btnSala, HIGH);
}
}
```

```

if(z == 's') { //Apagando Luz Sala
  digitalWrite(btnSala, LOW);
}
// Acionamento Luz Cozinha
if(z == 'C') { //Acendendo Luz Cozinha
  digitalWrite(bthCozinha, HIGH);
}
if(z == 'c') { //Apagando Luz Cozinha
  digitalWrite(bthCozinha, LOW);
}
// Acionamento Luz Quarto
if(z == 'Q') { //Acendendo Luz Quarto
  digitalWrite(btnQuarto, HIGH);
}
if(z == 'q') { //Apagando Luz Quarto
  digitalWrite(btnQuarto, LOW);
}

```

```

}
//Acionamento Portão Garagem (servomotor)
if(z == 'P') { //Abrindo Portão
  for(i=ini;i<=final;i++) {
    servo1.write(i);
    delay(10);
  }
}
if(z == 'p') { //Fechando Portão
  for(i=final;i>=ini;i--) {
    servo1.write(i);
    delay(10);
  }
}
}
}

```

Conforme o código acima, o Arduino usa a porta serial (9600) para ler valores enviados pelo App via bluetooth. A partir dos comandos enviados via bluetooth uma ação é realizada. Por exemplo, ao enviar “G”, o Arduino liga o pino 13, acendendo a luz da garagem. E caso seja enviado o caractere “g”, o Arduino desliga o mesmo pino, apagando a luz da garagem. A lógica para o acionamento é o mesmo para todos os cômodos e portão. Já para enviar os dados para o aplicativo, o Arduino imprime os valores de temperatura e umidade na porta serial, que serão lidos pelo aplicativo e apresentados na tela.

3.3. Descrição do Desenvolvimento e Programação do Aplicativo

Para o desenvolvimento do aplicativo móvel Android foi utilizada a interface de desenvolvimento App Inventor 2, que é uma plataforma de desenvolvimento disponibilizada online pelo MIT (*Massachusetts Institute of Technology*). Esta plataforma permite a montagem da interface visual do aplicativo, e também a programação por blocos. A Figura 4 apresenta a interface do aplicativo desenvolvido neste projeto.



Figura 4. Interface do App Android.

Após realizar o desenvolvimento da interface do App, foi feita a programação utilizando os componentes de blocos. A Figura 5 ilustra a programação da conexão bluetooth.

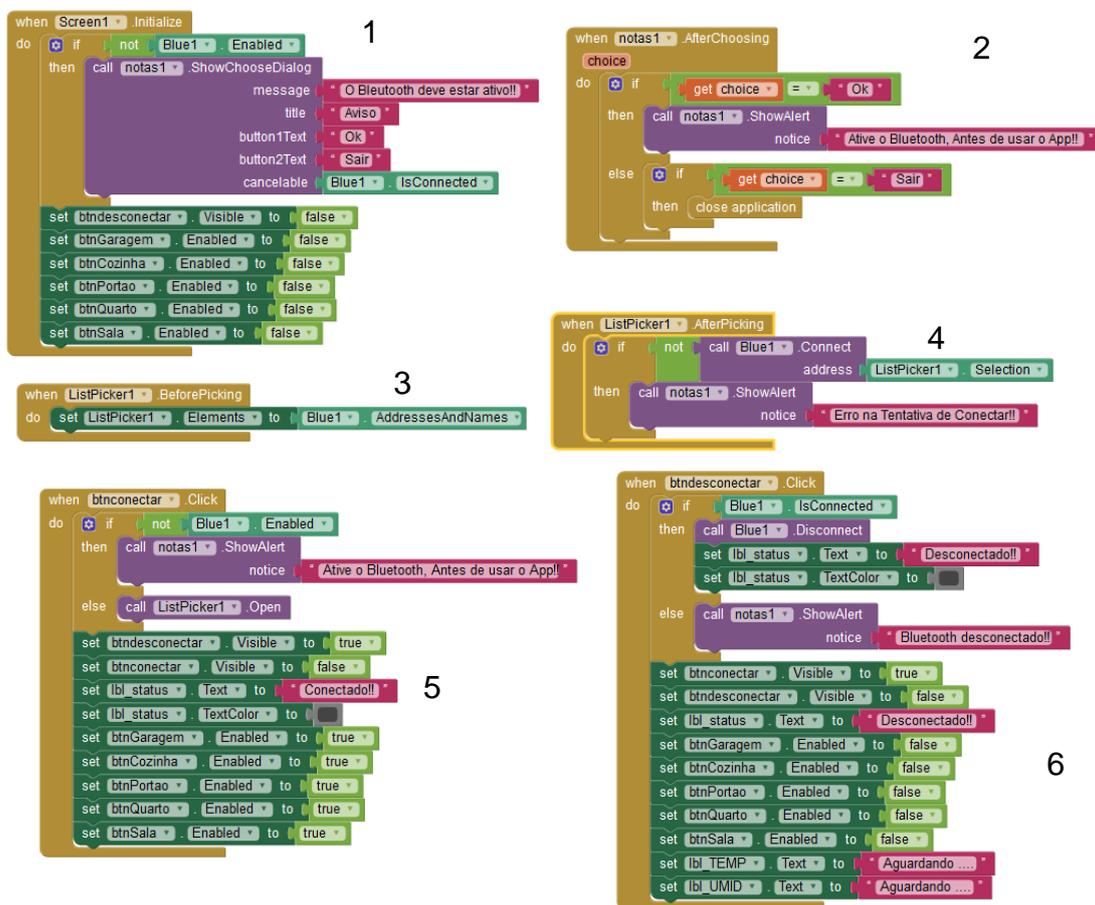


Figura 5. Programação da conexão bluetooth.

Conforme ilustrado, tem-se um conjunto de 6 blocos, no qual o primeiro é responsável por realizar algumas configurações quando o aplicativo é iniciado, tais como verificar se a conexão bluetooth está ativa, e caso não esteja deve enviar uma mensagem ao usuário, e também desabilitar os botões de controle da residência. O bloco 2 é um complemento do bloco 1, pois quando o usuário pressiona “Ok” na mensagem exibida pelo bloco 1, é enviado mais uma mensagem enfatizando para ativar o bluetooth. No entanto, se for pressiona “Sair” o bloco 2, fecha a aplicação. Os blocos 3 e 4 são relacionados ao elemento “Listpicker”, que é a lista de dispositivos bluetooth ativos disponíveis para conexão. O bloco 3 apresenta a lista e endereço de rede dos dispositivos disponíveis, e o bloco 4 faz a conexão com o dispositivo escolhido, ou informa que houve erro na conexão. O bloco 5 é a ação do botão conectar, ou seja, quando pressionado, faz a chamada da lista de dispositivos no bloco 3, e a conexão com o dispositivo selecionado (bloco 4). Após conectar faz a liberação de todos os botões de controle na interface do aplicativo. Já o bloco 6 faz o inverso, realizando a desconexão do bluetooth, e voltando a desabilitar os elementos de controle no aplicativo.

Após realizar a conexão com o bluetooth os botões de controle da automação residencial são habilitados. A programação de cada botão segue uma lógica simples, envie uma letra na porta serial por bluetooth, e o Arduino faz esta leitura, realizando a ação de acordo com o caractere enviado. A Figura 6 ilustra a programação do acionamento via botões.

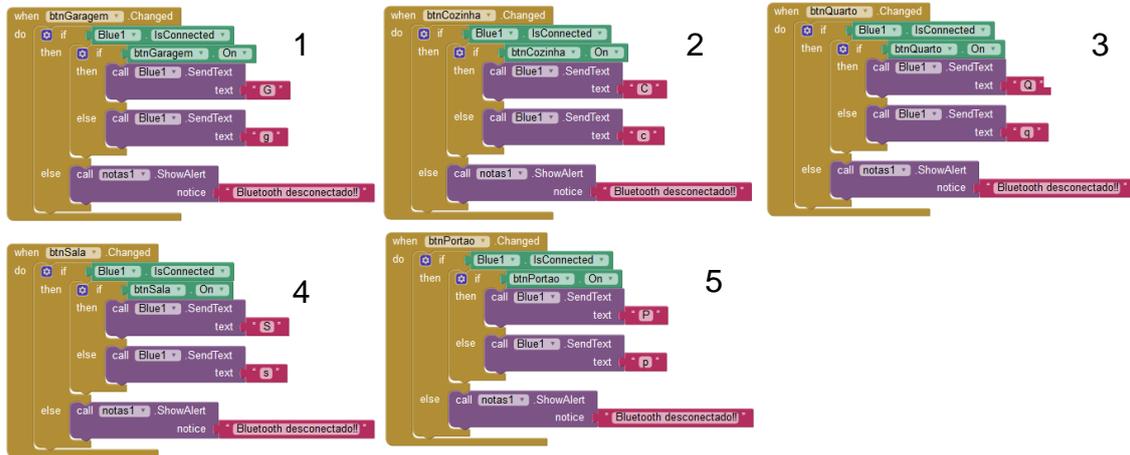


Figura 6. Programação do acionamento via botões.

Conforme ilustrado na Figura 6, quando um botão é acionado, um caractere é enviado via bluetooth na porta serial de comunicação (9600), e o Arduino faz a leitura desse caractere e realiza uma ação. Por exemplo, ao pressionar para ligar o botão “BtnSala” é enviado na porta serial via bluetooth o caractere “S”. Caso seja pressionado para desligar é enviado o caractere “s”. No qual o caractere maiúsculo indica a ligação e o minúsculo o desligamento. A lógica para todos os botões é a mesma.

Por fim, apresenta-se a programação para leitura das informações de temperatura e umidade, que foram impressas na porta serial pelo Arduino, e o aplicativo faz a leitura por bluetooth e apresenta na tela. A Figura 7 ilustra a programação de leitura e apresentação dos dados climáticos.

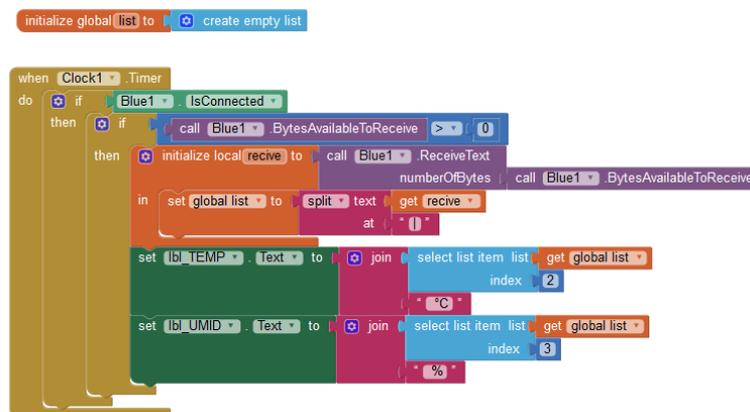


Figura 7. Programação da leitura de temperatura e umidade pelo App.

Conforme Figura 7, a cada leitura de clock (neste caso definido em 0,5 segundos) o aplicativo verifica os dados disponíveis na porta serial e apresenta em dois elementos “Label” na interface do App. Uma operação de “Split” é realizada para quebrar o texto recebido, separando a informação de temperatura da informação da umidade. Adicionalmente uma operação “Join” é realizada incluindo as unidades de medidas das grandezas (°C para temperatura e % para umidade).

4. Resultados e Discussões

Após realizar a montagem da maquete e do aplicativo, foram realizados diversos testes que comprovaram o funcionamento do sistema de automação residencial. A Figura 8 ilustra a maquete final.



Figura 8. Protótipo Finalizado.

Conforme figura 8, a estrutura da maquete foi feita em acrílico de modo a facilitar a visualização dos componentes eletrônicos, e tornar o processo de apresentação mais didático. Na figura 9 ilustra-se o aplicativo desenvolvido.

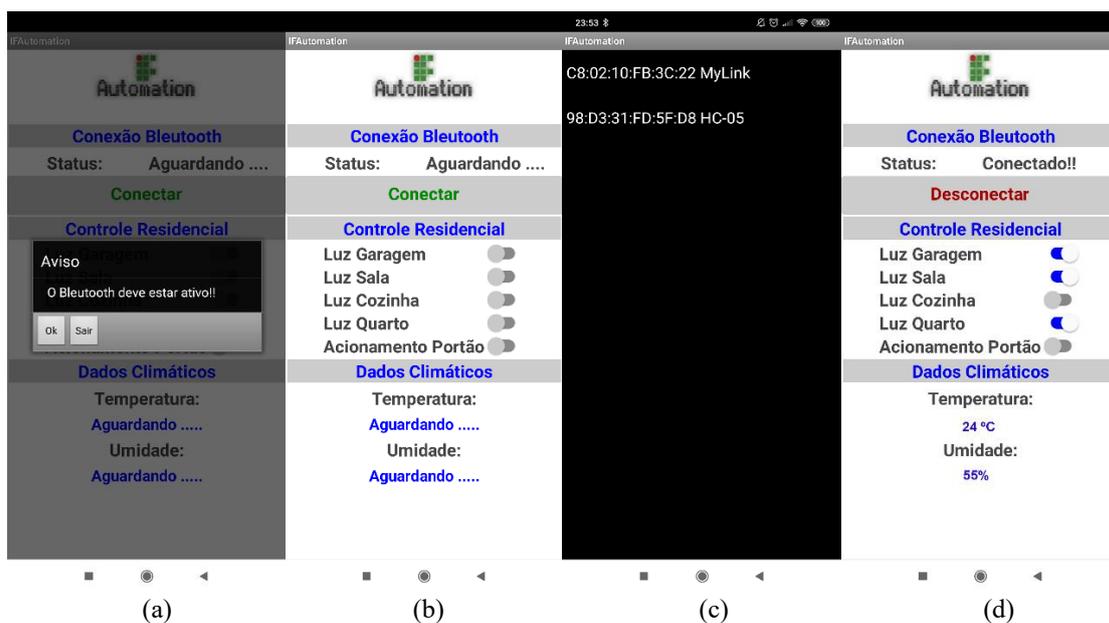


Figura 9. Aplicativo Desenvolvido.

A Figura 9 (a) ilustra a tela inicial quando o usuário abre o aplicativo sem ativar o bluetooth do dispositivo móvel. Quando isso ocorre uma mensagem é enviada ao usuário. Já a Figura 9 (b) ilustra a tela inicial do aplicativo para conexão com o bluetooth. É possível observar que o status de conexão é aguardando, os botões de controle residencial ficam todos desabilitados, e os dados climáticos estão aguardando a conexão. Quando o botão “Conectar” é acionado a lista de dispositivos bluetooth disponíveis é apresentada ao usuário para escolha e conexão. Este processo é ilustrado na Figura 9 (c). Após realizar a conexão, os botões de controle são habilitados, e os dados climáticos começam a ser exibidos. A Figura 9 (d) ilustra o aplicativo conectado, com o controle residencial habilitado e os dados climáticos sendo exibidos.

O protótipo final do sistema de automação residencial utilizando Android e Arduino apresentou resultados satisfatórios. Em seu funcionamento o acionamento e desligamento das luzes ocorrem instantaneamente. O acionamento do portão foi programado para abertura e fechamento com um tempo de 1 a 3 segundos. O sensor DHT11 apresentou boa leitura dos dados de temperatura e umidade do ambiente. Considerando o seu custo de aproximadamente R\$ 12,00 o sensor apresenta boa escala de medição e precisão para aplicações residenciais que não exigem uma escala 100% precisa. Em relação a construção da maquete, pode-se destacar que o objetivo de construção em acrílico era deixar visível todos os circuitos elétricos e componentes eletrônicos. Esse objetivo foi alcançado com sucesso, e a maquete cumpre seu papel didático e de fácil entendimento das conexões elétricas. Sobre a interface do aplicativo ressalta-se que é de fácil utilização, simples e intuitiva. A interface de comunicação bluetooth é bem precisa e apresentou eficiência no envio e recebimento das informações em uma distância de até 100 metros da maquete.

Vale ressaltar que o meio de comunicação escolhido foi o protocolo Bluetooth. Entre os motivos para escolha estão: o custo dos equipamentos, facilidade no desenvolvimento, e principalmente por ser um protótipo avaliar o funcionamento do sistema. Apesar das limitações a comunicação funcionou conforme esperado, e permitiu vislumbrar que para comercialização do sistema é necessária uma comunicação mais robusta, como o wifi. No entanto isto também demanda outros custos, implementações e segurança, que serão pensados em trabalhos futuros.

Após finalizada a pesquisa, ao analisar o protótipo obtido foi possível concluir que os objetivos inicialmente esperados foram cumpridos, visto que o sistema de automação residencial desempenhou suas funções esperadas e atendeu as expectativas da proposta. Também destaca-se que com o sistema montado é possível realizar diversas análises e estudos para desenvolver novas soluções de automação residencial de baixo custo e eficiência.

4.1. Análise e Discussões

Ao realizar uma análise qualitativa do protótipo desenvolvido, os questionamentos foram acerca dos pontos positivos e negativos da sua aplicação prática. Como resultados da análise qualitativa os autores apresentam os seguintes itens:

Pontos positivos:

- O sistema de automação apresenta baixo custo e pode ser implementado em uma residência.

- O aplicativo móvel é intuitivo, simples e de fácil utilização.
- O sistema é eficiente e apresenta controle instantâneo, com tempo de resposta de 100 milissegundos.

Pontos Negativos:

- A interface de comunicação bluetooth não permite comunicação fora da residência. Somente em um raio de 100 metros.
- A interface de comunicação bluetooth só permite uma comunicação por vez. Ou seja, em uma situação real seria difícil de usar concomitantemente com várias pessoas controlando a residência.

A partir dos resultados da análise qualitativa, emprega-se uma sugestão para implementação futura é a adoção da interface de comunicação via rede wifi e configuração de um canal de dados criptografado e seguro. Essa ação traria melhorias significativas para o projeto, sanando os problemas identificados como pontos negativos.

4.2. Análise de Custos

Após finalizar o projeto foi realizado um levantamento de custos e uma comparação com alguns trabalhos disponíveis na literatura. A Tabela 2 apresenta a comparação com outros trabalhos.

Tabela 2 – Análise de Custos

Autores	Interface de Automação	Interface do usuário	Custo
[Tófoli 2014]	Arduino UNO R3, Ethernet Shield	App Android	R\$ 15834,50
[Campos 2014]	Arduino Mega, Ethernet Shield	Site Web	R\$ 327,00
[Gomes et al. 2016]	Arduino Mega, Ethernet Shield	App Android	R\$ 2202,00
[Coutinho 2016]	Raspberry Pi, Wifi	Site Web	R\$ 2800,00
Este Trabalho	Arduino UNO R3, Bluetooth	App Android	R\$ 395,50

Conforme observa-se na Tabela 2 o trabalho de [Tófoli 2014] apresenta o maior custo, no entanto este trabalho considera uma implementação em escala real, custo de desenvolvedores e computadores para o seu desenvolvimento. Os trabalhos de [Gomes et al. 2016] e [Coutinho 2016], desenvolvem soluções e fazem implementação também em escala real, o que faz com que o custo seja relativamente maior que o proposto neste trabalho. Já o trabalho de [Campos 2014] apresenta custo semelhante, no entanto o projeto desenvolvido neste trabalho tem um custo mais baixo considerando que foram gastos R\$ 258,00 para aquisição de acrílico para montagem do protótipo. Ou seja, o sistema de automação em si tem um custo de aproximadamente R\$ 150,00. O que

diferencia o custo dos dois trabalhos é que [Campos 2014] tem o custo para manter o servidor e domínio onde fica hospedado o site de controle.

Considerando uma comparação com os demais trabalhos o custo do projeto apresentado é relativamente baixo em relação a outros trabalhos similares apresentados na literatura, e em uma estimativa para instalação em escala real em uma residência de porte médio o custo poderia variar entre R\$ 8000,00 a R\$ 12000,00.

Vale ressaltar que para o valor de R\$ 395,50 obtido neste trabalho, considera-se que as compras foram realizadas em 2019/1.

5. Conclusões

Neste trabalho apresentou-se o desenvolvimento de um sistema de automação residencial utilizando componentes eletrônicos, Arduino e controle por um aplicativo móvel Android. Foram apresentados os conceitos elementares básicos, bem como o desenvolvimento, montagem do protótipo e implementação do aplicativo. Foi produzido um protótipo didático montado em acrílico e controlado por um app Android. O app foi desenvolvido na plataforma App Inventor 2 disponibilizada online pelo MIT, na qual foi implementada a interface visual do aplicativo, e também a programação por blocos. O sistema desenvolvido apresentou eficiência em seu funcionamento com um tempo de resposta em torno de 100 milissegundos, o que é muito rápido considerando a interface de comunicação entre os comandos emitidos pelo aplicativo e o recebido pelo módulo de automação.

Por fim, conclui-se que o protótipo desenvolvido neste projeto é bastante interessante, e apresentou resultados satisfatórios. E a idealização do presente trabalho não só trouxe aos discentes envolvidos conhecimento acerca de automação e desenvolvimento de aplicativos, como também fomentou a criação de pesquisas e inovação para desenvolvimento de um produto, com ênfase no desenvolvimento de tecnologia de baixo custo voltada a automação, o que despertou nos alunos a empatia de entender a importância de utilizar os avanços tecnológicos em prol de benefícios para sociedade a partir da produção intelectual.

5.1. Trabalhos Futuros

Como trabalhos futuros consideram-se os seguintes tópicos:

- O uso de temporizadores e máquinas de estado para organizar a execução das tarefas no sistema embarcado;
- Implementação da comunicação utilizando tecnologia Wifi;
- Configuração de um canal de dados criptografado e seguro;
- Implementação em escala real para teste e análise de viabilidade de comercialização do sistema;

Referências

- Alvarez, D. F. S.; Antunes, F. I. Automação Residencial utilizando Bluetooth, Ethernet e Smartphone. 2015. 47 f. TCC (Graduação) - Curso de Mecatrônica Industrial dos Departamentos Acadêmicos de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, 2015. Acesso em: 11 maio 2019.
- Araújo, I. B. Q.; Souto, F. V.; Junior, A. G. C. Desenvolvimento de um protótipo de automação predial utilizando a plataforma de prototipagem eletrônica Arduino. In: Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE), 2018. p. 1-9.
- Banzi, M. What's Arduino. Disponível em: < <http://www.arduino.cc/>>. Acesso em 01 mai.2018.
- Cabral, M. M. A.; Campos, A. L. P. S. Sistemas de Automação Residencial de Baixo Custo: Uma Realidade Possível. Editora Érica, 2008.
- Campos, R. A. F. Automação Residencial Utilizando Arduino e Aplicação Web. 2014. 85 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia da Computação, Centro Universitário de Brasília, 2014.
- Coutinho, M. P. Sistema de monitoramento residencial. 2016. 58 f. Monografia (Graduação) - Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas, Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2016.
- Cruz, A. A.; Lisboa, E. F. WebHome – Automação residencial utilizando Raspberry PI. Revista Ciência e Tecnologia, [S.l.], v. 17, n. 31, dez. 2014.
- Ferreira, V. Z. G. A Domótica Como Instrumento para a Melhoria da Qualidade de Vida dos portadores de Deficiência. Dissertação (Monografia), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, João Pessoa, 2010.
- Gomes, A. B.; Silva, G. A. C.; Gelacki, R. Automação Residencial: Utilizando uma plataforma de baixo custo. 2016. 44 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Automação Industrial, Eletrônica, Universidade Federal Tecnológica do Paraná, Ponta Grossa - Pr, 2016.
- McRoberts, Michael. Arduino básico. São Paulo: Novatec, v. 1, 2011.
- Monk, Simon. Programação com Arduino: Começando com Sketches. 2. ed. Bookman, 200 p, 2017.
- Muratori, J. R.; Bo, P. H. D. Automação residencial: Histórico, definições e conceitos. In: O Setor Elétrico. São Paulo: [s.n.], 2011. p. 70 - 76. Mensal.
- Saber Eletrônica. Domótica: uma aplicação de baixo custo com acesso web. ano: 48, n. 462, jun. 2015.
- Schildt, Herbert. C Completo e Total .3ª.ed. Tradução: Roberto Carlos Mayer. São Paulo: Makron Books do Brasil, 1997. 816 p.
- Silva Filho, S. S. Proposta de sistema microcontrolado para aquisição de dados e automação de ambientes residenciais. 2018. 55f. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2018.
- Silva, G.; Jucá, S. Monitoramento online do consumo de energia elétrica utilizando Raspberry Pi. In: Escola Regional de Informática do Piauí (ERI-PI), 2018, Teresina. Anais da IV Escola Regional de Informática do Piauí. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2018. p. 220 - 225.
- Souza, W. A. Uma análise do uso da plataforma MIT APP INVENTOR 2 como ferramenta para auxiliar no processo de ensino e aprendizagem de programação. 2018. Disponível em: <<http://repositorioinstitucional.uea.edu.br/handle/riuea/995>>. Acesso em: 19 maio 2019.
- Tófoli, R. J. Casa Inteligente: Sistema de automação residencial. 2014. 74 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, Fundação Educacional do Município de Assis - Instituto Municipal de Ensino Superior Campus José Santilli Sobrinho, Assis, 2014.